

## ⑫ 公開特許公報 (A)

昭55—134818

⑮ Int. Cl.<sup>3</sup>

G 02 F 1/03

1/21

// G 02 B 5/172

識別記号

庁内整理番号

7036—2H

7036—2H

7529—2H

⑯ 公開 昭和55年(1980)10月21日

発明の数 2

審査請求 未請求

(全 7 頁)

## ⑭ 光度変調器

(番地なし)

⑰ 特 願 昭55—43431

⑱ 出 願 昭55(1980)4月2日

優先権主張 ⑲ 1979年4月3日 ⑳ フランス  
(FR)㉑ 79 08372㉒ 発 明 者 ミシエル・パプシヨン  
フランス国91400オルセイ・レ  
ジドンス・ドルセイ・レ・リラ㉓ 発 明 者 クロード・ピュツヒ  
フランス国91160ロンジュモー  
・リュ・デ・ヴァノー 3㉔ 出 願 人 トムソン・セエスエフ  
フランス国75008パリ・ブルヴ  
アール・オースマン173

㉕ 代 理 人 弁理士 川口義雄 外 1 名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光 度 変 調 器

## 2. 特許請求の範囲

(1) 電気光学特性を持つ基板の表面 S に、入射光線を受容すべく入力ガイドに接続された 2 個のアームを持つ干渉計を含んでおり、2 個のアーム内を伝播される光線分面が干渉計の出力で出力ガイド内で結合され、射出光線の強度がアームの少なくとも 1 個に印加された変調電界により干渉計の中に導入された位相差の関数である型の光度変調器に於いて、変調器が更に、出力ガイドに挿入された光エネルギーセパレータを含んでおり、前記セパレータは射出強度の 1 部をフィードバック変調電界に供給するホトデテクタに結合すべく抽出し得ることを特徴とする光度変調器。

(2) 干渉計とガイドとが、基板の屈折率より大

きい屈折率を持つ領域の形成によつて基板の面の 1 個に製造されることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項に記載の変調器。

(3) 基板がニオブ酸リチウムから成り、干渉計とガイドとがチタンの局部拡散によつて形成されることを特徴とする特許請求の範囲第(2)項に記載の変調器。

(4) セパレータが出力ガイドの中の分岐点により構成されることを特徴とする特許請求の範囲第(2)項又は第(3)項に記載の 変調器。

(5) セパレータが 2 個のアームを持つ方向性結合器から成り、アームの 1 個が出力ガイドから成ることを特徴とする特許請求の範囲第(2)項又は第(3)項に記載の 変調器。

(6) ホトデテクタが出力ガイドの上方で基板の面 S に結合されており、セパレータがガイドとホトダイオードとの間の光結合により構成されることを特徴とする特許請求の範囲第(2)項又は第

3 字加入

5 字挿入

3 字加入

5 字挿入

(3)項に記載の電極。

(7) 変調電界とフィードバック電界とが夫々干渉計の2個のアームに印加され、第1電極と第2電極との間及び第1電極と第3電極との間で得られること、及び、前記の3個の電極は、第2電極及び第3電極の夫々に印加され且つ第1電極に関して同じ極性を持つ電圧が2個のアーム内に逆向きの電界を生成するように配置されていることを特徴とする特許請求の範囲第(2)項～第(6)項のいずれかに記載の変調器。

(8) 3個の電極が干渉計のアームに隣接するように配置されており、第1電極はアーム内に表面Sに平行な電界を生成すべく干渉計の両側に配置されていることを特徴とする特許請求の範囲第(7)項に記載の変調器。

(9) 第1電極はアームの1個を選択的に被覆するように2個のアーム間に配置されており、第2電極は前記アームに隣接するように配置されて

- 3 -

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は集積光学的光度変調器に係る。

特に強誘電体に於いて明らかな電気光学効果の利用によつて集積技術と適合し得る種々の形状の光変調器を製造し得る。これらの方策によれば屈折率 $n_0$ の基板の中に $n_0$ より大きい屈折率を持つ領域を形成することによつて光学導波管を製造し得る。これらの具体例の1個は2個のアームを持つ干渉計から成り、前記干渉計の中で電気光学効果によつて2個のアーム内の伝搬速度の差が生じ2個のアームから出る波の間に電気的に制御された位相差が生じる。

射出光度は位相差に伴つて変化し、従つて電気光学効果を誘起する電圧によつて変調され得る。2個のアーム間の微分位相差の関数として得られる光度の変化が正弦曲線を描くことは容易に証明され且つ実験によつて確認され得る。アナログ信号伝送に関する多数の適用では所定範囲の中に直

- 5 -

線状変化を配置することが必要である。このよう  
あり、第3電極は別のアームを被覆するよう  
に配置されており、表面Sに垂直な電界がガイド内に生成されることを特徴とする特許請求の範囲第(3)項及び第(7)項のいずれかに記載の変調器。

00 変調電界とフィードバック電界とが同方向を有しており且つアームの1個の長さに沿つて継続的に配置された2組の電極を介してアームの少なくとも1個に印加されることを特徴とする特許請求の範囲第(2)項～第(6)項のいずれかに記載の変調器。

01 基板の軸cがガイド内に生成される電界に平行になるように基板が配向されていることを特徴とする特許請求の範囲第(3)項及び第(8)項～第00項のいずれかに記載の変調器。

02 特許請求の範囲第(1)項～第01項のいずれかに記載の変調器を含むことを特徴とする集積光学回路。

- 4 -

線状変化を配置することが必要である。このよう  
な直線状変化は変化曲線の交点の近くでのみ顕  
実に得られる。

本発明の目的は、公知の干渉計構造を利用しこれにオプトエレクトロニクスフィードバック回路を付加することによつて直線状変調の範囲を拡大することである。

このために本発明装置は干渉計の2個のアーム内に電界を生成する能力を利用する。例えば1個のアームは変調電圧から生じる電界の作用を受け、別のアームはフィードバック回路により励起され出力光度に比例する電界の作用を受ける。従つて本発明装置は、電気光学性を持つ基板の表面Sに、入射光線を受容するための入力ガイドに接続された2個のアームを持つ干渉計を含んでおり、2個のアーム内を伝搬される光線分画が干渉計の出力で出力ガイド内で結合され、射出光線の強度がアームの少なくとも1個に印加された変調電界によ

- 6 -

つて干渉計の中に導入され、位相差の関数であるように構成された光度変調器である。

本発明装置の特徴は、装置が更に出力ガイドに挿入された光エネルギーセパレータを含んでおり、前記セパレータが得られた強度の一部を抽出して別の変調電界を供給するホトデテクタに結合させ得ることである。

本発明の別の特徴及び利点は添付図面に基く下記の記載より明らかにされるであろう。

第1図は公知方法により光度を変調すべく機能し得る2個のアームを持つ干渉計の概略説明図である。この干渉計は内部に強度  $I_E$  の光波が結合された単一モード入力導波管1を含む。導波管1は分岐点  $B_1$  に於いて、単一モードガイドを構成する平行な2個のアーム2、3に分岐される。アーム2、3は分岐点  $B_2$  に於いて再会し単一モード出力導波管4を形成する。導波管4に於いて強度  $I_B$  を回収し得る。

- 7 -

にある場合、ニオブ酸リチウムの軸  $c$  もまた前記平面内にあり、最大電界効果を有すべくガイド1~4の共通伝搬方向に垂直であるのが好ましい。電圧  $V_2$  と  $V_3$  とが同符号を持つときはアーム2及び3に印加される電界は逆向きである。これらの電界は2個のガイドの夫々の中の光波の伝搬速度の変化を生起する。電圧  $V_2$  はこの電圧に比例する変化  $\Delta B_2$  を生起する。電圧  $V_3$  は同様にこの電圧に比例する逆向きの変化  $-\Delta B_3$  を生起する。これらの速度変化によつて、最初に分岐点  $B_1$  では同位相を有していた2個の波が分岐  $B_2$  に於いてガイド2、3から出るときにこれらの波の間に位相差が生起される。この位相差  $\Delta\phi$  は  $\Delta B_2 L_2 + \Delta B_3 L_3$  に等しい。式中、 $L_2$  及び  $L_3$  は2個の分岐点  $B_1$  と  $B_2$  との間の電極の長さである。通常は  $L_2 = L_3 = L$  である。従つて  $\Delta\phi = (\Delta B_2 + \Delta B_3) L$  である。勿論2個の電圧  $V_2$  又は  $V_3$  のいずれかが0であってもよく、変化  $\Delta B_2$  又は  $\Delta B_3$  の1個のみが生

- 9 -

特開昭55-134818(3)

4個のガイド内の伝搬速度は同じである。電極はガイド即ちアーム2、3の夫々の両側に配置されている。例えば中央電極  $E_0$  とアーム2の別の側の電圧  $V_2$  が印加される電極  $E_2$  とアーム3の別の側の電圧  $V_3$  が印加される電極  $E_3$  とが配置され、電極  $E_0$  はアースに接続されている。図示の如き電極の配置、即ちガイドを被覆せずガイドに隣接する電極の配置は、ガイド2、3の夫々の中に、図の平面内に有り光波の伝搬方向に垂直な電界を生成する。この場合、ガイド内で利用される伝搬モードはTEモードである。装置のアセンブリはニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ )、タンタル酸リチウム ( $\text{LiTaO}_3$ )、砒化ガリウム ( $\text{GaAs}$ ) の如き電気光学性を持つ基板の表面に製造される。例えばニオブ酸リチウム基板の中で光学導波管はチタンの拡散により形成される。この拡散は従来の写真食刻法によつて選択的に行われる。図示の如くガイドに印加される電界が図の平面内

- 8 -

じてもよい。位相差  $\Delta\phi$  を式  $\frac{\pi(V_2 + V_3)}{V_\pi}$  で示すことができる。式中の  $V_\pi$  は  $\pi$  に等しい位相差  $\Delta\phi$  を生起する電圧の和である。ガイド4内に回収される光波は分岐点  $B_2$  に於いてガイド2と3とから出る波が結合されたものである。即ち、互いに  $\Delta\phi$  の位相差を持つ強度  $\alpha \frac{I_E}{2}$  の2個の波が結合されたものである。従つて最終強度  $I_B$  を式  $\alpha \frac{I_E}{2} (1 + M \cos \Delta\phi) = \frac{I_E}{2} (1 + M \cos \frac{\pi(V_2 + V_3)}{V_\pi})$  で示すことができる。式中の  $\alpha$  及び  $M$  は、結合損失と干渉計の非対称性に基いた定数である。

唯1対の電極例えば  $E_0$  と  $E_2$  とを使用しても同様の結果が得られる。この場合  $\Delta B_3 = 0$  であり

$$I_B = \alpha \frac{I_E}{2} (1 + M \cos \frac{\pi V_2}{V_\pi}) \text{ である。}$$

第2図は射出強度  $I_B$  を分岐点  $B_2$  の場所に存在する位相差  $\Delta\phi$  又は電極  $E_2$ 、 $E_3$  の少なくとも1個に印加された電圧 (又は電圧の和) に等しい電圧  $V$  の関数として示す曲線である。1個 (又は

- 10 -

複数個)の電圧の符号はアースとする。Vが0のときは出力電圧  $I_S$  が最大で  $I_{SM}$  の値を持つ。Vの絶対値が増加すると光度  $I_S$  が減少し  $V = V_\pi$  のときに最小値  $I_m$  が得られる。 $\frac{V_\pi}{2}$  の近くでは  $I_S$  の変化は最初のうちは  $\Delta\phi$  又は V に従った直線状変化であると考えられる。しかし乍ら、 $V - \frac{V_\pi}{2}$  の関数たる  $I_S$  の変化の高調波率 (harmonic rate) は  $\frac{V_\pi}{2}$  から遠去かるにつれて極めて急速に増加する。

本発明によれば、高調波率 2 を減少させて得られる強度変化曲線性を改良するために、第3図に概略的に示されるようなフィードバック回路が干渉計に接続して備えられている。第3図でブロック5は第1図に示した干渉計アセンブリを示しており、ブロック5は2個の電圧入力を有する。1個の入力は  $V_M$  で示される変調電圧であり別の入力は  $V_R$  で示されるフィードバック電圧である。後者の供給源に関しては後述する。干渉計5の入

-11-

例えば  $V_\pi$  と  $-V_\pi$  との間に、出力強度の変化が変調電圧の関数たる直線状であると考えられる電圧範囲が存在し得る。直線領域の範囲は高調波率 2 と同様にフィードバック率、即ち G と入力光度  $I_E$  とに従属する。

本発明の具体例は第5図に示されている。変調器はニオブ酸リチウムから成る基板11から製造される。基板11の面の1個Sにある厚みまで写真食刻及びチタンによる拡散を行ってガイド1、2、3及び4が形成される。図示の具体例でニオブ酸リチウムの配向は、ガイド蒸着表面に軸cが垂直になるように選択されている。ガイドは第1図と同様に配置されている。第3図のセパレータ手段6は分岐点から成り、出力ガイド4の延長上にアーム9が形成されている。

アーム9はエネルギーの1分面を回収し、別の分面はアーム10内を伝搬される。アーム10はアーム4及び9に対して小さい値の角度を形成してい

-13-

力には強度  $I_E$  の光波が、干渉計の出力で回収される強度  $I_M$  の光波はセパレータ手段6によつて2分され射出強度たる定分面  $I_S$  と電圧供給ホトデテクタ7に印加される別の定分面  $I_R$  とが得られる。必要な場合  $I_R$  は増幅器8により増幅され、増幅器8はフィードバック電圧  $V_R$  を供給する。干渉計に作用する総電圧 V は変調電圧  $V_M$  と直線状関係によつて強度  $I_R$  と  $I_M$  とに直結されたフィードバック電圧  $V_R$  との和である。従つて強度  $I_M$  を式  $\alpha \frac{I_E}{2} (1 + M \cos(\frac{\pi V_M}{V_\pi} + \frac{\pi G I_M}{V_\pi}))$  で示すことができる。式中の G はセパレータ6の透過係数とホトデテクタ7の係数と増幅器8の利得とに結合された帰還率である。

第4図は射出強度  $I_S$  の変化曲線の一般的形状を変調電圧  $V_M$  の関数として示す。

この曲線は鋸歯状形状を有しており、前記の如く  $V_M$  が  $V_\pi$  の奇数倍のときに強度  $I_S$  が最小である。

-12-

アーム9及び10は基板11の1端まで伸びている。同様にアーム1は他端まで伸びている。アーム1に結合された光エネルギーは例えば、基板11の断面に結合された光学繊維14から到達する。同様にアーム9内を通る出力エネルギーもまた基板11の断面に結合された光学繊維12により回収され得る。アーム10内で伝搬されるエネルギーは基板11の対応端に結合されたホトダイオード7により回収される。ニオブ酸リチウムの配向の選択に基いて、電極  $E_0$ 、 $E_1$  及び  $E_2$  は、ガイド2及び3内に生成される電界が軸cに平行であり従つて表面Sに垂直になるように配置されている。この場合、ガイド内で使用される伝搬モードはTMモードである。このために、各電極対  $E_0 - E_1$  と  $E_0 - E_2$  とのうちの1個の電極が夫々ガイド3及び2を被覆することが必要である。 $E_0$  はガイド3を被覆し、 $E_1$  はガイド2を被覆する。従つて、アースに接続された電極  $E_0$  に関して同じ極性を持つ

-14-

電圧が電極  $E_1$ 、 $E_2$  に印加されると、ガイド 2 と 3 との中で生成される電界は逆向きである。

電気結線は、1 方では電極  $E_1$  を源 1 2 に接続して変調電圧  $V_M$  を供給し、他方ではホトダイオード 7 の出力を電極  $E_2$  に接続してフィードバック電圧  $V_R$  を供給する。軸  $c$  の配向の選択（第 5 図ではガイド形成表面に垂直であり第 1 図では前記表面に平行でガイド内の伝搬方向に垂直である）及びその結果として選択される最大電気光学効果を得るための電極の配置は変調器の効果に関係がない。前記の如き選択は必要な場合、伝送システムの同じ基板 1 1 の上に形成され得る別の装置に基いて行われる。実際にはある種の装置の場合、軸  $c$  の配向の選択は無関係ではない。従つて変調器を別の装置に適応させる。第 5 図は最も頻繁に使用される場合である。

第 5 図の装置では、ガイドの幅  $2 \mu m$  及び深さもほぼ等しい値、アーム 2、3 の長さ  $5 \mu m$ 、アーム

-15-

適切に選択すると結合器の出力で所定の法則に従う光エネルギーの分配を行うことが可能である。ガイド 4 6 の延長上にガイド 9 が形成されており、ガイド 9 内で出力光度  $I_8$  が回収され得る。ガイド 1 0 6 の延長上にガイド 1 0 が形成されており、フィードバック電圧  $V_R$  を供給し得るホトダイオード 7 がガイド 1 0 に結合されている。

第 7 図は本発明の別の變形具体例を示す。この變形例では、ホトダイオード 7 はガイド 4 を通る光エネルギーの一部を回収すべくガイド 4 の上で表面  $S$  に固着されている。実際、ホトダイオード 7 は例えばニオブ酸リチウムよりも極度に高い屈折率を持つシリコンから製造されるので光エネルギーの 1 分面がホトダイオードの方向に逃げる。別の分面はガイド 4 の延長部 9 の中に回収される。この具体例はセパレータ 6 が別個に製造されないの

で特に簡単である。

実際、ガイド-ダイオード接合によつて分割が自

特開昭 55-134818(5)

$\mu m$  間距離  $60 \mu m$ 、 $B_1$ 、 $B_2$  の角度  $1^\circ$  である。変調率即ち比  $\frac{I_{8M}}{I_m}$  の測定値は 0.95 であり特性電圧  $V_\pi$  は数ボルトであつた。ガイドに結合された光は波長  $\lambda = 0.63 \mu m$  の HeNe レーザーから発せられ断面結合されている。装置を別の波長（例えば  $GaAs$  レーザー）に使用することも可能である。

第 5 図に示す本発明の変調器の具体例は、特に電極の配置、セパレータ 6 の形状及びホトデテクタ 7 の位置に関して種々の變形が可能である。第 6 図はセパレータ 6 が方向性結合器から成る本発明の具体例を示す。干渉計の出力アーム 4 の延長上にガイド 4 6 が形成されておりガイド 4 6 から小間隔を隔ててガイド 4 6 と平行に同様のガイド 1 0 6 が配置されている。ガイド 4 6 内を伝搬される光は、減落波現象によつてガイド 1 0 6 内に結合される。ガイド 4 6 と 1 0 6 とが結合し得べく互いに十分に接近しているように結合長さ  $L$  を

-16-

動的に行われる。

第 8 図は干渉計の制御電極の變形具体例を示す。前記の記載では変調電界及びフィードバック電界は別個に、片方の電界が干渉計の 1 個のアームに印加され別の電界が別のアームに印加される。これらの電界を 2 個のアームに同時に印加することが可能である。

第 8 図の具体例では干渉計の各アームの長さの 1 部が電圧  $V_M$  により生じる変調電界の作用を受け、別の 1 部は電圧  $V_R$  により生じるフィードバック電界の作用を受ける。このためにアースに接続された中央電極  $E_0$  は前記と同様に 2 個のアーム 2 と 3 との間に配置されている。

アーム 2、3 の両側で、アーム 3 に対して電極  $E_{2M}$ 、 $E_{2R}$ 、アーム 2 に対して  $E_{1M}$ 、 $E_{1R}$  が配置されている。

電極  $E_{2M}$  及び  $E_{1M}$  は電圧源  $V_M$  に接続されている。

電極  $E_{2R}$  及び  $E_{1R}$  はホトダイオード 7 又は増幅器

-18-

8の出力に接続されている。干渉計の2個のアーム2、3に同じ強度及び逆向きの電界を印加することによつて変調器の感度を増加し得る。即ち、所与の位相差を得るために必要な変調電圧を減少し得る。例えば電極 $E_M$ と $E_{-M}$ とに前記の電極 $E_0$ 及び $E_0$ と同じ長さを与えると、電極 $E_R$ 及び $E_{-R}$ の長さは、所望のフィードバック率を得るためにホトダイオードの出力で得られる電圧 $V_R$ の値に従つて選択され、変調器の感度は2倍になる。他方、装置の対称性の増加に伴つて変調率が増加し得る。

別の電極配置も可能である。例えば2個のガイドの1個に対して2対の電極の片方を省略してもよく、又は片側に2個の電極を維持して別の側に唯1個の電極を配置してもよく、又は、1方が変調電圧に比例し他方がフィードバックを供給する出力光度に比例する別個の2個の電界を得ることが可能な別のいかなる装置を使用してもよい。

-19-

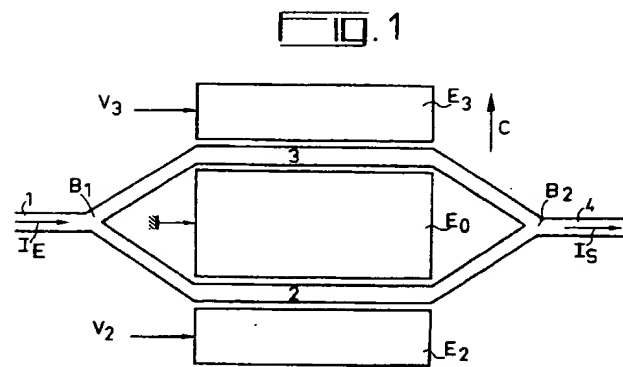
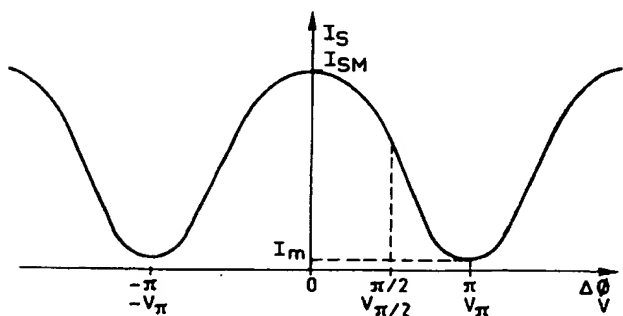


FIG. 2



前記の変調器は別の光能素子と共に、例えば光学電気通信伝送システム内で使用され得る集積光学回路の中に集積され得る。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は公知の種類の変調器の概略説明図、第2図は第1図の変調器の応答曲線の概略図、第3図は本発明の変調器の概略説明図、第4図は本発明の変調器の応答曲線の概略図、第5図は本発明の変調器の具体例の説明図、第6、7及び8図は第5図の変調器のある種の部分の変形具体例の説明図である。

- 1.....導波管、 2, 3.....アーム、
- 4.....導波管、 5.....干渉計アセンブリ、
- 6.....セパレータ、 7.....ホトデテクタ、
- 8.....増幅器。

出願人 トムソン・セイズ  
代理人 宮田 広 豊  
川 口 義 雄

-20-

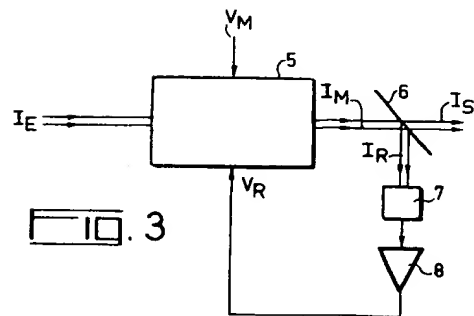


FIG. 3

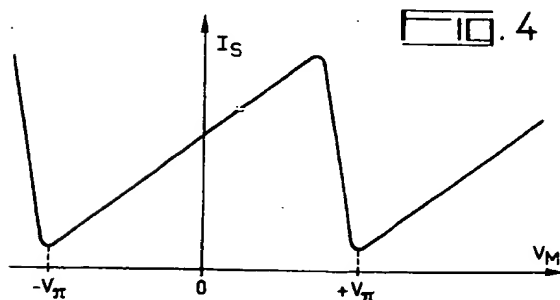


FIG. 4

